



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 30 274 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 02 D 13/00**  
F 02 D 41/14

⑲ Aktenzeichen: 195 30 274.5  
⑳ Anmeldetag: 17. 8. 95  
㉔ Offenlegungstag: 20. 2. 97

DE 195 30 274 A 1

⑦① Anmelder:  
FEV Motorentechnik GmbH & Co. KG, 52078 Aachen,  
DE

⑦④ Vertreter:  
Patentanwälte Maxton & Langmaack, 50968 Köln

⑦② Erfinder:  
Schmitz, Günter, Dr.-Ing., 52074 Aachen, DE; Schrey,  
Ekkehard, Dr.-Ing., 52078 Aachen, DE; Pischinger,  
Martin, Dr.-Ing., 52072 Aachen, DE

⑤④ Verfahren zur Steuerung einer Kolbenbrennkraftmaschine

⑤⑦ Es wird ein Verfahren zur Steuerung einer Kolbenbrennkraftmaschine, vorgeschlagen, bei dem die Kraftstoffmenge in Abhängigkeit von der gewünschten Motorleistung zugemessen wird und bei dem die erforderliche Luftmenge über eine Steuerung der Öffnungszeiten zumindest der Gaseinlaßventile zugemessen wird.

DE 195 30 274 A 1

Bei Kolbenbrennkraftmaschinen mit Katalysator ist eine Regelung des sogenannten Luftverhältnisses Lambda für die Reduktion von Schadstoffen von herausragender Bedeutung. Bei den heutigen Motoren erfolgt diese Regelung auf ein bestimmtes Luftverhältnis Lambda über eine Veränderung der eingespritzten Kraftstoffmenge, da die Steuerbarkeit der Kraftstoffzumessung gegenüber einer Steuerung der Luftzumessung schneller und besser durchführbar ist. Dieses Verfahren wurde auch bei Kolbenbrennkraftmaschinen angewendet, die einen vollvariablen Ventiltrieb aufweisen, d. h. also bei Systemen, bei denen sowohl die Gaseinlaßventile als auch die Gasauslaßventile unabhängig voneinander und variabel steuerbar sind.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, das eine Verbesserung des Luftverhältnisses ermöglicht.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß die Kraftstoffmenge in Abhängigkeit von der gewünschten Motorleistung zugemessen wird und daß die erforderliche Luftmenge über eine Steuerung der Öffnungszeiten zumindest der Gaseinlaßventile zugeordnet wird. Überraschenderweise hat sich hierbei gezeigt, daß sich noch Vorteile erzielen lassen, wenn die Lastanforderung auf die Kraftstoffzumessung, d. h. auf die Einspritzmenge wirkt und die Luftmenge entsprechend nachgeführt wird. Die der Kolbenbrennkraftmaschine zugeführte Energie wird im wesentlichen über die Kraftstoffmenge bestimmt, so daß bei Variationen der Kraftstoffmenge sich die Motorleistung in entsprechender Größenordnung ändert. Bei konstant gehaltenem Kraftstoffvolumenstrom verändert sich die Motorleistung bei Variation der zugeführten Luftmenge nur in geringem Maße, da lediglich der Wirkungsgrad sich ändert. Wenn man nun die Kraftstoffmenge entsprechend der Leistungsanforderung an die Kolbenbrennkraftmaschine steuert und die Einstellung (Regelung oder Steuerung) des Luftverhältnisses über die Luftmenge vornimmt, ergibt sich der Vorteil, daß auch bei sich änderndem Umgebungsdruck oder bei aufgeladenen Kolbenbrennkraftmaschinen die Kraftstoffmenge den Hauptsteuerparameter für die Motorlast darstellt. Die Steuerung oder Regelung auf ein gewünschtes Luftverhältnis wird dann günstigerweise über eine Steuerung der Öffnungszeiten zumindest der Gaseinlaßventile erreicht. Hierbei erfolgt die Steuerung zweckmäßigerweise über den Parameter "Einlaß schließt", da dieser den größten Einfluß auf die angesaugte Frischluftmenge hat.

In einer Abwandlung ist es auch möglich, daß zur Einhaltung eines vorgegebenen Luftverhältnisses zusätzlich auch noch die anderen, die Frischluftmenge im Zylinder beeinflussenden Parameter der Ventilsteuerung in das Verfahren einbezogen werden. Neben dem Parameter "Einlaß schließt", kann es je nach der geforderten Motorlast zweckmäßig sein, zusätzlich noch den Parameter "Einlaß öffnet" und/oder den Parameter "Auslaß öffnet" und/oder den Parameter "Auslaß schließt" mit in die Steuerung/Regelung für die Zufuhr der Frischluftmenge einzubeziehen. Bei Veränderung dieser Steuerparameter, insbesondere der die Gasauslaßventile betreffenden Steuerparameter, lassen sich die Luftmengen durch Veränderung des Restgasgehaltes im jeweiligen Zylinder und damit auch der Anteil an Frischluft variieren.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß durch die Steuerung des

Parameters "Einlaß schließt" eine Grundeinstellung des Luftverhältnisses vorgegeben wird und daß eine Feineinstellung durch Veränderung der Parameter "Einlaß öffnet" und/oder "Auslaß öffnet" und/oder "Auslaß schließt" bewirkt wird. Eine kombinierte Steuerung und Regelung des Luftverhältnisses sowohl über die Luftmenge als auch über die Kraftstoffmenge bietet sich in bestimmten Betriebspunkten an. So ist beispielsweise die Regelung des Luftverhältnisses über die Ansteuerung der Gaswechselventile nur bis zu einer Grenze des Regelbereichs möglich, nämlich bis der Zylinder seine maximale Frischluftfüllung erreicht hat. Wird bei diesem Betriebszustand ein zu fetter Betrieb festgestellt, dann muß zur Einhaltung des vorgegebenen Luftverhältnisses die zugeführte Kraftstoffmenge reduziert werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird anhand von Blockschaltbildern erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 das Grundprinzip des Verfahrens,

Fig. 2 eine Ausgestaltung des Verfahrens,

Fig. 3 eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens.

Bei einer Kolbenbrennkraftmaschine 1 erfolgt entsprechend Fig. 1 die Lastvorgabe über ein Gaspedal 2, durch das die Kraftstoffsteuereinheit 3 angesteuert wird, die mit entsprechenden Kennfeldern für Zündung und Kraftstoffeinspritzung versehen ist und durch die über die Einspritzeinrichtung 4.1 eine entsprechende Kraftstoffmenge eingespritzt und die Zündeinrichtung 4.2 angesteuert wird.

Die Steuerung der erforderlichen Frischluftmenge erfolgt über eine Ansteuerung der Gaswechselventile 5, die beispielsweise als vollvariabel steuerbare Gaswechselventile ausgebildet sind. Die vollvariable Ansteuerbarkeit der Gaswechselventile kann beispielsweise dadurch bewirkt werden, daß jedem Gaswechselventil ein eigener elektromagnetischer Aktuator zugeordnet ist, so daß jeweils die Öffnungs- und Schließzeiten und damit auch die Öffnungs- und Schließdauer über eine entsprechende Steuerung der elektromagnetischen Aktuatoren bewirkt werden kann.

Über eine Lambdasonde 6 wird nun das Luftverhältnis Lambda gemessen. Der gewonnene Meßwert wird auf eine Luftsteuereinheit 7 aufgeschaltet, über entsprechende Ventilkennfelder verfügt und über die die Gaswechselventile so angesteuert werden, daß durch eine Steuerung nach den jeweiligen Ventilkennfeldern beispielsweise der Öffnungszeiten der Gaseinlaßventile, die jeweils zur Einhaltung eines vorgegebenen Luftverhältnisses bei gegebener Kraftstoffmenge erforderliche Luftmenge in den jeweiligen Zylinder gelangt. Die Kraftstoffzumessung erfolgt also entsprechend der durch das Gaspedal 2 vorgegebenen Lastanforderung, während die Luftmenge in Abhängigkeit von dem über die Lambdasonde 6 erfaßten und durch die Luftsteuereinheit 7 vorgegebenen Luftverhältnisses nachgeführt wird.

Wie aus dem Schaltschema ferner ersichtlich, besteht hierbei auch die Möglichkeit, durch eine Verknüpfung 8 der Kraftstoffsteuereinheit 3 und der Luftsteuereinheit 7 eine Grobsteuerung/-regulierung des Luftverhältnisses vorzugeben, wobei zweckmäßigerweise durch diese Vorgabe der Parameter "Einlaß schließt" vorgegeben wird, so daß hierdurch ein Grundwert für das Luftverhältnis in Abhängigkeit von der vorgegebenen Kraftstoffmenge vorhanden ist. Die Feinsteuerung/-regulierung des Luftverhältnisses erfolgt dann über die Luftsteuereinheit durch eine Ansteuerung von einem oder mehreren, die Luftmenge im Zylinder beeinflussenden Steuerzeiten, so beispielsweise den Parameter "Einlaß

öffnet" und/oder "Auslaß schließt" und/oder "Einlaß schließt".

Da bei bestimmten Betriebspunkten die vorstehend beschriebene Regelung des Luftverhältnisses nur bis zu einem Grenzbereich möglich ist, nämlich nur bis zu dem Bereich, bei dem der Zylinder seine maximale Frischluftfüllung erreicht hat, sieht das Verfahren auch die Möglichkeit vor, daß über eine entsprechende Verknüpfung 9 die Luftsteuereinheit die eingespritzte Kraftstoffmenge unabhängig von der durch das Gaspedal vorgegebenen Last reduziert wird, falls bei diesem Betriebszustand über die Lambdasonde 6 ein zu fetter Betrieb festgestellt wird.

Eine Ausgestaltung dieses Verfahrens ist in Fig. 2 dargestellt. Die Sollvorgabe  $m_{\text{Soll}}$  der Luftmasse (Luftmenge) 10 wird vor Eingabe in die Ventilsteuereinheit 7, in der beispielsweise Ventilsteuerelemente 11 abgespeichert sind, in einer Vorschalteinheit 12 mit einem Faktor  $x$  multipliziert zu einer neuen Vorgabegröße  $m'$ . Dieser Faktor soll Toleranzen oder auch durch langsame Veränderung entstandene Felder bzw. Abweichungen in der Vorsteuerung ausgleichen.

So ergibt sich beispielsweise ein "falscher" Vorgabewert, falls der Luftdruck nicht den Normalbedingungen entspricht. Der Korrekturfaktor  $x$  wird ermittelt aus dem Quotienten von gemessener Luftmasse  $m_{\text{ist}}$ , beispielsweise mittels Luftmassenmesser 13, und der Vorgabegröße  $m_{\text{Soll}}$ . Damit kurzfristige Abweichungen, beispielsweise aufgrund dynamischer Vorgänge, keinen Einfluß haben, wird entweder die Größe  $x$  oder einer der Eingangsparameter geglättet. Diese Glättung kann beispielsweise durch Mittelwertbildung, Tiefpaßfilterung oder Ausblendung im Falle von erkanntem Instan-  
 15  
 20  
 25  
 30

stanzzustand erfolgen.  
 Eine Feinregelung des Luftverhältnisses kann wiederum mit Hilfe der Lambdasonde 6, beispielsweise über einen PID-Regler 14 erfolgen.

Der Luftmassenmesser 13 kann sogar eingespart werden, wenn man den Faktor  $x$  mit Hilfe der Regelabweichung des PID-Reglers bestimmt. Verwendet man beispielsweise den aufintegrierten Wert des I-Anteils des Reglers, hat man gleich eine tiefpaßgefilterte Größe für den Wert  $x$  zur Verfügung.

Eine andere Ausgestaltung zeigt Fig. 3. Der über das Gaspedal 2 vorgegebene Fahrerwunsch gelangt zunächst in ein Fahrpedalkennfeld 17 der Steuereinheit 3, in dem mit Hilfe der Drehzahlinformation und ggf. auch in Abhängigkeit weiterer Größen wie Lufttemperatur und/oder Saugrohrdruck, eine Sollfüllung ermittelt wird. Diese Sollfüllung dient zum einen zum Ansteuern der Ventilsteuereinheit 7, die beispielsweise mit Hilfe von in Kennfeldern abgelegten Kurbelwinkel- und Zeitinformationen die Gaswechselventile 5 steuern. Zum anderen gelangt die Information über die Sollfüllung in eine Korrektereinheit 18 (Verbindung 24), die aus der Sollfüllungsinformation eine Luftmasseninformation errechnet. Hierzu wird die Sollfüllung, die praktisch die Luftvolumen-Information darstellt, mit Hilfe der Informationen aus einer Sensorsignalaufbereitungseinheit 19 über Temperatur  $t$  und Druck  $p_s$  der angesaugten Luft in die Luftmasse  $m$  umgerechnet. Alternativ hierzu kann, wie bereits in Fig. 2 dargestellt, aus einem Meßwert für die Luftmasse ein Korrekturfaktor bestimmt werden. Auch hier besteht prinzipiell die Möglichkeit, die Korrekturinformation statt dessen aus dem  
 45  
 50  
 55  
 60  
 65

Lambdaregelkreis zu erhalten.  
 Wahlweise kann auch der Einfluß eines variierenden Abgasgedruckes  $p_g$  zusätzlich mitberücksichtigt

werden. Die so berechnete Luftmasse  $m$  dient der Steuerung von Einspritzung und Zündung als Lastinformation.

Der Regelkreis zur Feinregulierung des Luftverhältnisses greift auch hier wiederum in den Luftzumeßpfad ein. Die Information der Lambdasonde 6 wird über einen Regler 21 mit beispielsweise PID-Verhalten der Sollfüllungsinformation für die Ventile überlagert (22).

Die Information "Sollfüllung" kann die Luftmenge unter Normbedingung sein. Aus Applikationsgründen kann sich in der Entwicklungsphase jedoch auch ein anderer Wert anbieten, der am Prüfstand einfach zu messen ist. So kann alternativ auch der indizierte Mittel-  
 10  
 15  
 20  
 25  
 30

druck ( $p_{mi}$ ) verwendet werden, oder das vom Motor abgegebene Moment. Letzteres hat auch denjenigen Vorteil, daß nun an dieser Stelle im Steuergerät eine "Momentenschnittstelle" zur Verfügung steht, d. h. daß an dieser Stelle durch Aufaddition bzw. Subtraktion die Momentenanforderung an den Motor geändert werden kann. Dies ist beispielsweise für Geschwindigkeitsregelsysteme oder Anti-Slip-Control-Systeme von Interesse.  
 Alternativ zur Gewinnung der Sollfüllungsinformation direkt aus dem Fahrpedalkennfeld 17 kann auch die Information aus den Ventilkennfeldern 11 der Ventilsteuereinheit 7 erhalten werden. Dies kann insbesondere für die Motorabstimmung (Kalibrierung) hilfreich sein. Dann kann ein beliebiger, die Last repräsentierender Wert als Eingangsparameter für die Ventilkennfelder dienen. Beim Applikationsvorgang wird dann der sich ergebende Füllungs- bzw. ein beispielsweise unter Normbedingungen ermittelter Luftmassenwert als weitere Information in das Kennfeld eingetragen werden. Diese Information wird dann dem Block 18 über die Verbindung 23 zur Verfügung gestellt. Damit entfällt die Verbindung 24. Allerdings muß dann die Lambdaregelung etwas modifiziert werden. Ein Eingriff über den Punkt 22 würde ja sowohl die Luftmasse als auch die Kraftstoffmasse beeinflussen und somit das Lambda unverändert lassen. Aus diesem Grund muß dann entweder die Regelung nach Ermittlung der Ventilsteuerdaten erfolgen und direkt darauf einwirken oder der Zugriff zu den Ventilkennfeldern erfolgt unterschiedlich, für einige Daten vor Korrektur durch die Lambdaregelung und bei anderen nach der Korrektur, insbesondere das Kennfeld für die Luftmasseninformation muß dann durch den unkorrigierten Wert adressiert werden. Als weiteren unkorrigierten Zugriff kann man die Haupteinflußgröße "Einlaß schließt" verwenden. Alternativ ist allerdings bei diesem Verfahren auch eine konventionelle Lambdaregelung über die zugeführte Kraftstoffmenge denkbar.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer Kolbenbrennkraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftstoffmenge in Abhängigkeit von der gewünschten Motorleistung zugemessen wird und daß die erforderliche Luftmenge über eine Steuerung der Öffnungszeiten zumindest der Gaseinlaßventile zugemessen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungszeiten der Gaswechselventile in Abhängigkeit von dem über eine Lambdasonde gemessenen Luftverhältnis gesteuert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei der durch den Motorbetrieb

vorgegebenen Zeit für den Parameter "Einlaß öffnet", die Öffnungszeiten der Gaseinlaßventile durch Veränderung des Parameters "Einlaß schließt" beeinflusst werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, 5  
dadurch gekennzeichnet, daß durch die Steuerung des Parameters "Einlaß schließt" eine Grundeinstellung des Luftverhältnisses vorgegeben wird und daß eine Feineinstellung durch Veränderung der Parameter "Einlaß öffnet" und/oder "Auslaß öffnet" 10  
und/oder "Auslaß schließt" bewirkt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß beim Überschreiten der Grenzen des Regelbereichs, die durch eine maximale Frischluftfüllung des Zylinders vorgegeben 15  
sind, die Kraftstoffmenge zur Einhaltung eines vorgegebenen Luftverhältnisses reduziert wird.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

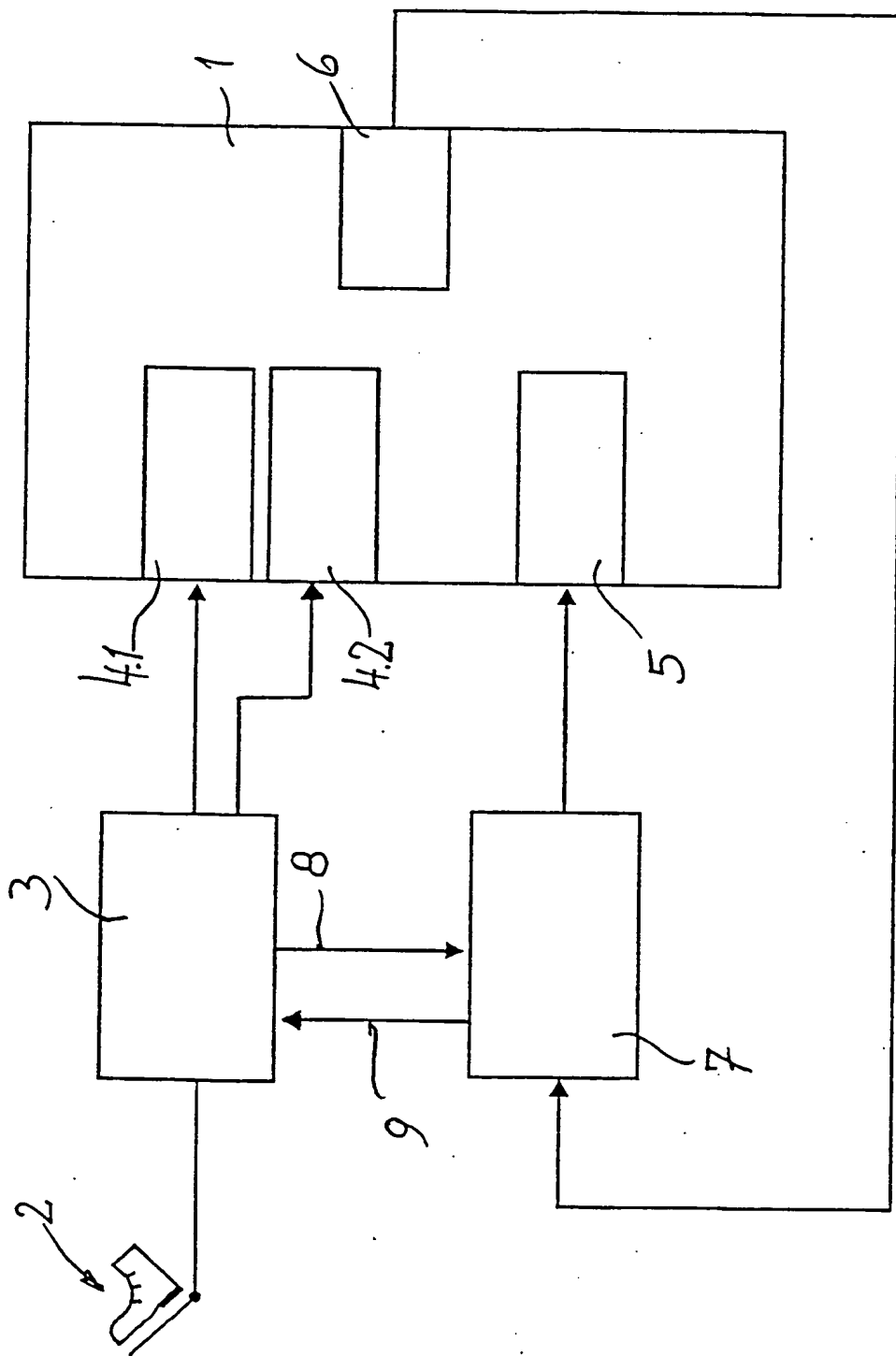
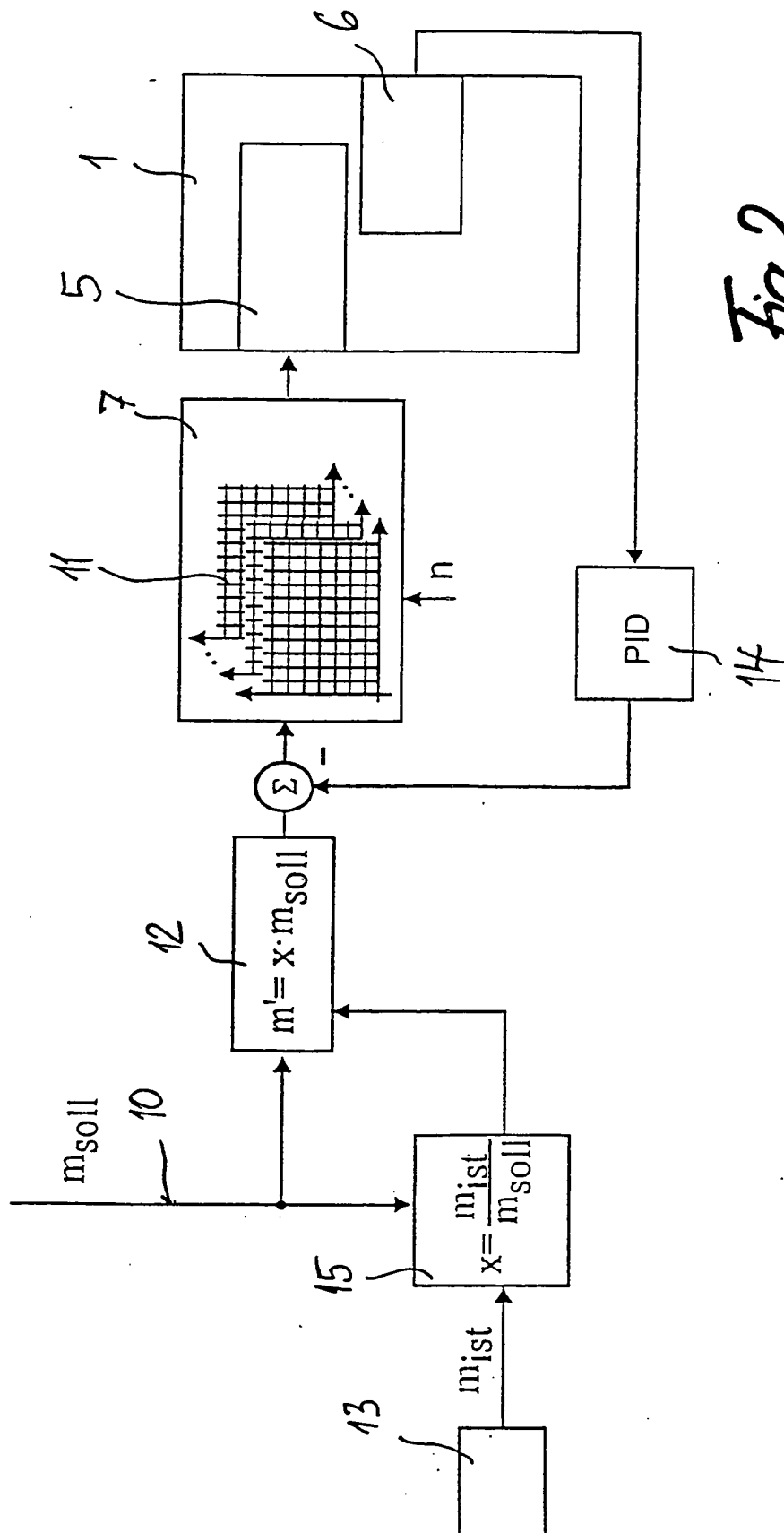


Fig. 1



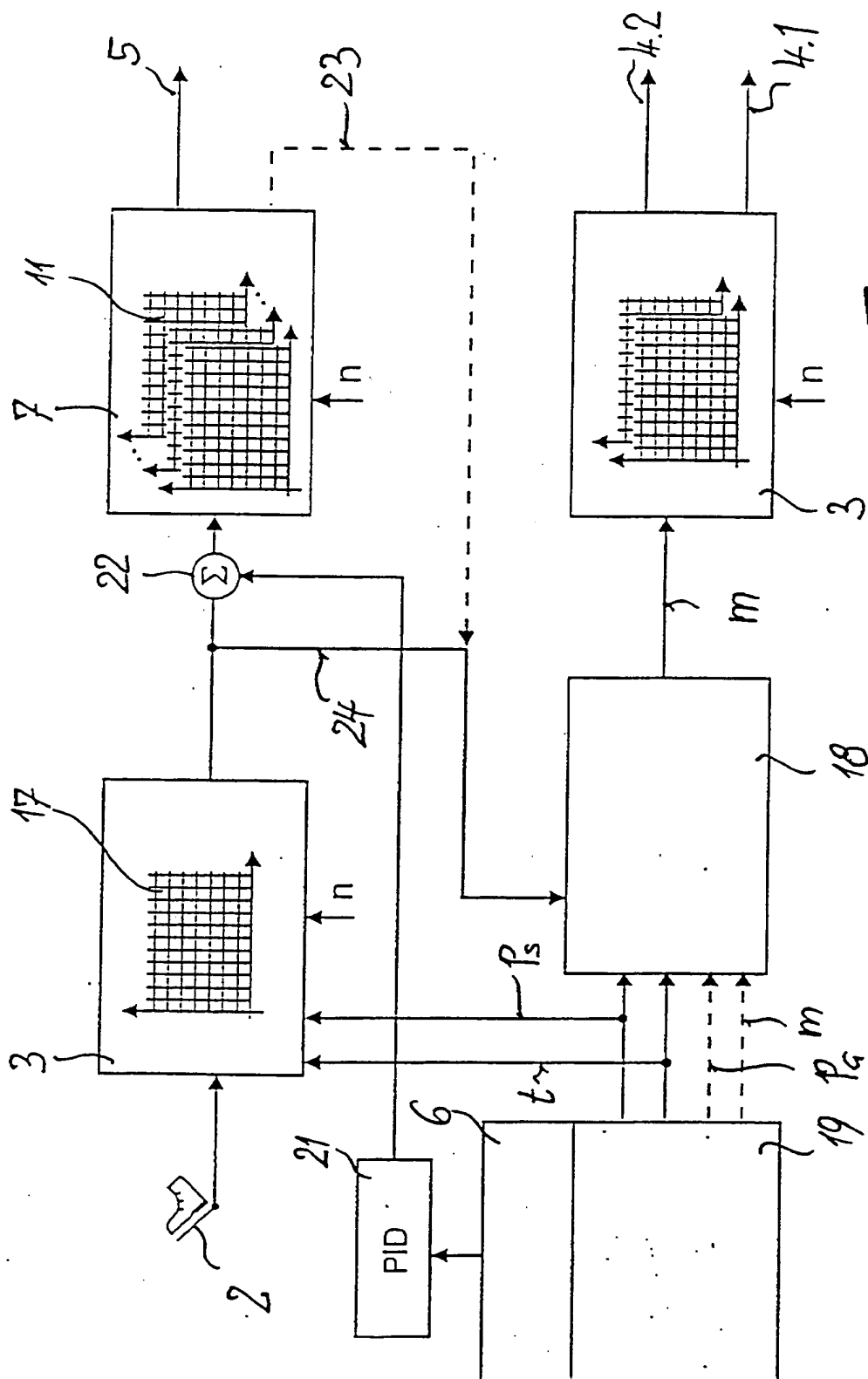


Fig. 3